

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



10/049865

REC'D	21 SEP 2000
WIPO	PCT

JE 00/02691

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

E J U

Aktenzeichen: 199 38 779.6

Anmeldetag: 16. August 1999

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Schaltung zur Messung des Spulenstroms eines elektromagnetischen Stellgerätes und Verfahren zur Bestimmung des Offsetfehlers

IPC: G 01 R, F 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. September 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Ebert



## Beschreibung

Schaltung zur Messung des Spulenstroms eines elektromagnetischen Stellgerätes und Verfahren zur Bestimmung des Offsetfehlers

Die Erfindung betrifft eine Schaltung zur Messung des Spulenstroms sowie ein Verfahren zur Bestimmung des Offsetfehlers bei der Messung des Spulenstroms eines elektromagnetischen Stellgerätes.

Elektromagnetische Stellgeräte, die beispielsweise ein Gaswechselventil einer Brennkraftmaschine antreiben, weisen üblicherweise mindestens eine Spule auf. Ein elektromagnetisches Stellgerät für Gaswechselventile ist beispielsweise aus der DE 297 12 502 U1 oder EP 0 724 067 A1 bekannt. Es weist eine zwischen einer geschlossenen und einer offenen Stellung liegende Ruhestellung auf, aus der es mittels Elektromagneten ausgelenkt werden kann.

Um ein von diesem Stellgerät angetriebenes Gaswechselventil zu öffnen oder zu schließen, wird die der jeweiligen Endstellung zugeordnete Spule bestromt, wobei der erforderliche Strom in der Fangphase größer ist als in der Haltephase, in der das Gaswechselventil in der Endstellung des Stellgerätes gehalten wird.

Wird der entsprechende Elektromagnet dabei einfach mit Strom beaufschlagt, so trifft der Ventilteller des Gaswechselventils mit hoher Geschwindigkeit auf den Ventilsitz, was Lärm erzeugt und verschleißfördernd ist. Um dies zu vermeiden, muß die Auftreffgeschwindigkeit verringert werden. Dazu wird die Bestromung geeignet geregelt.

Dazu ist es bei elektromagnetischen Stellgeräten erforderlich, den Spulenstrom zu messen.

Dies kann beispielsweise durch Potentialabgriffe an einem mit der Spule in Reihe geschalteten Widerstand erfolgen. Mittels des Ohmschen Gesetzes läßt sich dann aus dem Wert des Widerstandes sowie dem gemessenen Spannungsabfall der Strom errechnen.

5

Üblicherweise wird der Spannungsabfall mit einer Analogschaltung erfaßt. Bei einer solchen Analogschaltung ist ein Offsetfehler unvermeidlich, d.h. die gemessene Spannung ist zu groß oder zu klein.

10

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltung zur Messung des Spulenstroms eines elektromagnetischen Stellgeräts bzw. ein Verfahren zur Bestimmung des Offsetfehlers bei der Messung des Spulenstroms zu schaffen.

15

Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen 1 und 5 gekennzeichnete Erfindung gelöst.

20

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß es eine Endstellung des Stellgerätes gibt, in der eine Spule unbestromt ist. Mißt man zu diesem Zeitpunkt den Spulenstrom, läßt sich daraus der Offsetfehler ermitteln.

25

Bei einem Stellgerät, das beispielsweise zum Antrieb eines Gaswechselventils verwendet wird und bei dem zum Öffnen oder Schließen des Gaswechselventils die der entsprechenden Endstellung zugeordnete Spule zuerst mit einem Fangstrom und dann mit einem Haltestrom bestromt wird, erfolgt die Bestim-

30

mung des Offsetfehlers vorzugsweise an derjenigen Spule, die der anderen Endstellung zugeordnet ist, dann, wenn die bestromte Spule sich in der Haltephase befindet. Zu diesem Zeitpunkt ist nämlich sichergestellt, daß die Spule, bei deren Schaltung der Offsetfehler bestimmt wird, nicht bestromt

35

ist. In der Fangphase ist dies nicht sichergestellt, da beispielsweise der Strom aus seiner vorherigen Haltephase noch abklingen kann bzw. u.U. zum verzögerten Überführen des

Stellgerätes in die andere Endstellung während der Fangphase die Spule noch kurzzeitig bestromt wird.

5 Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

10 Fig. 1 einen Schnitt durch ein Stellgerät für ein Gaswechselventil einer Brennkraftmaschine,

Fig. 2 die Zeitreihe des Stromverlaufes durch die zwei Spulen der Fig. 1,

15

Fig. 3 eine Schaltung zum Erfassen des Spulenstroms durch eine Spule und

20 Fig. 4 die beim Betrieb des Gaswechselventils durchlaufenen Zustände in einem Flußdiagramm.

Fig. 1 zeigt ein elektromagnetisches Stellgerät 1 für ein als Tellerventil ausgebildetes Gaswechselventil, das aus einem Ventilteller 2 mit Ventilsitz 3 und einem Ventilschaft 4 besteht, der in einer gehäuseseitigen Führung 5 gelagert ist und am oberen Ende mit einem Kegelstück 6 versehen ist. Der Ventilteller wird vom Stellgerät 1 zwischen zwei Endstellungen bewegt: In einer oberen Endstellung ist das Gaswechselventil geschlossen und in einer unteren Endstellung geöffnet. Eine zwischen der gehäuseseitigen Führung 5 und dem Kegelstück 6 angeordnete Ventilfeder 8 beaufschlagt den Ventilteller in die Schließstellung.

35 Das Stellgerät 1 besteht weiter aus einem oberen ferromagnetischen Spulenkörper 10 und einem unteren ferromagnetischen Spulenkörper 12, die jeweils eine Spule 14 und 16 tragen.

Innerhalb des oberen Spulenkörpers 10 ist verschiebbar ein Ankerschaft 17 gelagert, der einen plattenförmigen Anker 18 aufweist, der zwischen den beiden Spulen 14, 16 liegt. Die dem Anker 18 zugekehrten Stirnseiten 19 und 20 der beiden

5 Spulenkörper 10 und 12 bilden Anschlüsse für den Anker 18 und definieren damit die obere und untere Endstellung des Gaswechselventils, in der es geöffnet bzw. geschlossen ist.

10 Eine Aktuatorfeder 22 ist zwischen dem Ankerschaft 17 und einem gehäuseseitigen Anschlag 24 eingespannt und beaufschlägt den Anker 18 in Richtung Öffnungsstellung des Ventiltellers 2. Der Anker 18 liegt auf dem Ventilschaft 4 auf. Solange die Spulen 14 und 16 stromlos sind, wird der Anker 18 von der Ventilfeder 8 und der Aktuatorfeder 22 in der Mittelstellung

15 zwischen den beiden Stirnseiten 19 und 20 gehalten, wie dies in der Zeichnung dargestellt ist.

20 Die beiden Spulen 14 und 16 werden jeweils von einer Treiberschaltung 26, 27 bestromt, die von einer Regelschaltung 28 angesteuert werden.

25 Zur Messung des Hubes des Ankertellers 2 ist weiter ein Piezoelement 30' an der Aktuatorfederabstützung vorgesehen. Ein weiteres Piezoelement 32' ist an der gehäuseseitigen Führung 5 vorgesehen. Die Ausgangssignale der beiden Piezoelemente 30', 32' werden der Regelschaltung 28 zugeführt, die sie dazu verwendet, die Auftreffgeschwindigkeit des Ankers 18 auf den Spulenkörpern 10 bzw. 12 an den Stirnseiten 19 bzw. 20 so zu regeln, daß das Ventil ohne Prallen, geräuscharm, rasch und

30 zuverlässig in die jeweilige Endstellung überführt werden kann.

In Fig. 2 ist der Strom I durch die Spule 14 bzw. 16 über der Zeit t aufgetragen. Dabei ist der Strom I durch die Spule 14

35 durchgezogen dargestellt, der Strom durch die Spule 16 gestrichelt. Dieser Stromverlauf wird von der Regelschaltung 28 eingestellt, um mit Hilfe einer Fangstromschaltung das Ventil

ohne Prallen zuverlässig in die jeweils andere Endstellung umzuschalten. Hierzu wird der den Anker 18 in der jeweiligen Endstellung haltende Haltestrom  $H_s$ ,  $H_o$  abgeschaltet, so daß der Anker von der betreffenden, sich entspannenden Feder in

5 Richtung auf die andere Endstellung in Bewegung gesetzt wird. Gleichzeitig wird die entsprechende Wicklung 14 oder 18 mit dem Fangstrom  $F_o$ ,  $F_s$  bestromt. Zum Schließen des Ventils wird die Spule 14 mit dem Fangstrom  $F_s$  bestromt. Sitzt der Anker 18 auf der Stirnseite 19 auf, so wird die Spule 14 nur noch

10 mit niedrigerem Haltestrom  $H_s$  bestromt, der ausreicht, den Anker 18 und damit das Gaswechselventil in der geschlossenen Stellung zu halten.

Zum Öffnen des Gaswechselventils wird der Haltestrom  $H_s$  durch

15 die Spule 14 abgeschaltet und der Fangstrom  $F_o$  durch die Spule eingeschaltet. Ist der Anker 18 unter Wirkung der Ventilfeder 8 und der Aktuatorfeder 22 sowie des durch den Fangstrom  $F_o$  erzeugten magnetischen Feldes an die Stirnseite 20 gelangt, wird die Bestromung der Spule 16 auf den Haltestrom  $H_o$  umgeschaltet und der Ventilteller 2 in der offenen Stellung gehalten. Um das Ventil wiederum zu schließen wird analog der Haltestrom  $H_o$  ab- und der Fangstrom  $F_s$  eingeschaltet.

25 Das Gaswechselventil durchläuft also die in Fig. 4 dargestellten Zustände I bis IV. In Zustand I ist das Ventil geschlossen und in der Spule 14 fließt der Haltestrom  $H_s$ . Als nächstes wird im Zustand II das Ventil geöffnet, wozu die Spule 16 mit dem Fangstrom  $F_o$  bestromt wird und der Haltestrom  $H_s$  in der Spule 14 langsam abklingt. Ist der Anker 18

30 an der Stirnseite 20 angelangt, wird die Bestromung der Spule 16 auf den Haltestrom  $H_o$  umgeschaltet und das Ventil ist geöffnet (Zustand III der Fig. 4). Zum Schließen wird wiederum die Spule 14 mit Fangstrom beaufschlagt, was als Zustand IV in Fig. 4 dargestellt ist. Ist der Anker 18 an der Stirnseite

35 19 angelangt, liegt wieder Zustand I vor.

Um nun den Strom durch die Spule 14, 16 in der Regelschaltung 28 verwenden zu können, ist eine Messung des Spulenstroms erforderlich. Die dazu erforderliche Treiberschaltung ist zusammen mit einer genaueren Darstellung der Regelschaltung 28 5 in Fig. 3 beispielhaft dargestellt. Die Fig. 3 zeigt die Treiberschaltung 26 für die Spule 14. Die Treiberschaltung 27 ist analog ausgebildet.

Die Spule 14 wird, wie in Fig. 3 zu sehen ist, durch eine 10 asymmetrische Halbbrücke angesteuert. Dabei ist die Spule 14 zwischen einen Highside-FET Th, der andererseits an die Versorgungsspannung Vcc angeschlossen ist, und einen Lowside-FET Tl geschaltet, der wiederum andererseits über einen Widerstand R an das Bezugspotential angeschlossen ist. Zwischen 15 das Bezugspotential und den Verbindungsknoten der Spule 14 mit dem Highside-FET Th ist in Durchlaßrichtung eine Diode D2 geschaltet. Zwischen den Verbindungsknoten der Spule 14 mit dem Lowside-FET Tl und der Versorgungsspannung Vcc ist in Durchlaßrichtung eine Diode D1 geschaltet. Schließlich ist 20 die Versorgungsspannung Vcc mit dem Bezugspotential über einen Kondensator C verbunden. Zwischen Lowside-FET Tl und dem Bezugspotential liegt ein Widerstand R.

Durch Ein- und Ausschalten des Highside- und/oder Lowside-FET 25 Th, Tl wird ein Sollstrom in der Spule 14 eingeregelt. Dabei wird der Iststrom über den Spannungsabfall am Widerstand R im Lowsidezweig gemessen. Der Spannungsabfall wird von einem Differenzverstärker 30 abgegriffen, dessen Ausgangswert über einen Addierknoten 31 einem Filter 33 und weiter einem Analog/Digital-Wandler 34 und einem Microcontroller 35 zugeführt 30 wird. Bei der Bestimmung des Spannungsabfalls mittels des Differenzverstärkers 30 ist ein Offsetfehler unvermeidlich, wodurch der Iststrom verfälscht ist.

Ist der Sollstrom Null, dann sperren Highside- und Lowside-FET Th, Tl. In diesem Zustand fließt kein Strom durch den Widerstand R und die Spannung am Eingang des Differenzverstär- 35

kers 30 ist Null. Aufgrund des internen Aufbaus des Differenzverstärkers 30 ist es aber möglich, das offsetfehlerbedingt am Ausgang eine negative Spannung anliegt. Bei einer unipolar aufgebauten Meßkette, wie sie üblicherweise in der Kraftfahrzeugelektrik verwendet wird, ist eine negative Meßspannung aber nicht erwünscht. Aus diesem Grund wird ein künstlich erzeugter Offset am Addierknoten 31 aufaddiert. Dazu wird dem Addierknoten 31 zusätzlich der Ausgang einer Konstantspannungsquelle 32 zugeführt. Somit liegt am Eingang des Filters 33 immer eine positive Spannung an.

Zur Bestimmung des Offsetfehlers muß sichergestellt sein, daß der Widerstand R nicht von einem Strom durchflossen wird. Dies kann für die Spule 14 nur in der Haltephase der anderen Spule 16 gewährleistet werden, da es sich dabei um eine Endstellung handelt, in der die Spule 14, an deren Schaltung 26 der Offsetfehler bestimmt werden soll, nicht bestromt ist. Nach Bestimmung des Offsetfehlers  $I_o$  der nicht angesteuerten Spule, kann bei der nächsten Ansteuerung der Spule im darauffolgenden Zyklus der Iststrom  $I_m$ , wie folgt korrigiert werden:  
 $I_{kor} = I_m - I_o$

Vorzugsweise wird der Offsetfehler  $I_o$  in der Spule 14 mehrfach abgetastet gemessen und über die Meßwerte ein gewichteter Mittelwert wie folgt gebildet:

$$I_{o,i} = I_{o,i+1} \cdot (1-k) + I_m \cdot k$$

Dieser gewichtete Mittelwert ist eine mögliche Form einer Tiefpaßrealisierung; andere sind denkbar. Dabei ist  $I_{o,i}$  die i-te Messung des Offsetfehlers,  $I_m$  der Istwert des Stromes (Rohwert des Analog/Digitalwandlers 34) und k ein Gewichtungsfaktor.

Diese Tiefpaßfilterung trägt der Erkenntnis Rechnung, daß der Offsetfehler  $I_o$  temperaturbedingt fluktuiert und sich bezogen auf die Abtastrate, mit der der Offsetfehler bestimmt wird, nur langsam ändert.

Die Erfindung wurde vorstehend bei Anwendung auf ein Stellgerät 1 für ein Gaswechselventil einer Brennkraftmaschine beschrieben. Sie ist jedoch nicht darauf eingeschränkt, sondern 5 kann auch auf andere Stellgeräte Anwendung finden. Auch muß das Stellgerät nicht zwei Spulen aufweisen, es genügt, daß eine Endstellung vorliegt, in der eine Spule nicht bestromt ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Offsetfehlers bei der Messung des Spulenstroms eines elektromagnetischen Stellgerätes, bei  
5 welchem Verfahren  
der Spulenstrom durch eine Spule dann gemessen wird, wenn  
sich das Stellgerät in einer Endstellung befindet, in der die  
Spule unbestromt ist, und  
aus dem erhaltenen Wert der Offsetfehler ermittelt wird.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Spulen-  
strom durch Potentialabgriff vor und nach einem mit der Spule  
in Reihe geschalteten Widerstand gemessen wird, wobei die Po-  
tentielabgriffe einem Differenzverstärker zugeführt werden,  
15 und zum Ausgangswert des Differenzverstärkers ein konstanter  
Wert addiert wird, um immer einen Offsetfehler bestimmter Po-  
larität zu erhalten.
- 20 3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß bei einem  
Stellgerät mit zwei jeweils einer Endstellung zugeordneten  
Spulen zur Bestimmung des Offsetfehlers der Spulenstrom durch  
diejenige Spule gemessen wird, die nicht der aktuell vorlie-  
25 genden Endstellung zugeordnet ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß zum Überführen  
30 des Stellgerätes in eine Endstellung, die dieser End-  
stellung zugeordnete Spule zuerst mit einem Fangstrom und  
dann nach Erreichen der Endstellung mit einem Haltestrom be-  
stromt wird und daß dann die Bestimmung des Offsetfehlers an  
der anderen Spule durchgeführt wird.
- 35 5. Schaltung zur Messung des Spulenstroms I eines mindestens  
eine Spule (14, 16) aufweisenden elektromagnetischen Stellge-  
rätes (1) mit einem in Reihe in eine Zuleitung der Spule (14,

16) geschalteten Widerstand (R), einem Differenzverstärker (30), dem das Potential beiderseits des Widerstandes (R) zugeführt wird, und einer Steuerschaltung (33, 34, 35), die den Ausgang des Differenzverstärkers (30) dann auswertet, wenn

5 die Spule (14, 16) keinen Strom führt, und daraus einen bei der Messung des Spulenstroms I anfallenden Offsetfehler  $I_o$  ermittelt.

6. Schaltung nach Anspruch 5,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Ausgang des Differenzverstärkers (30) zusammen mit dem Ausgang eines Konstantspannungsquelle (32) einem Addierglied (31) zugeführt wird, so daß immer ein Offsetfehler bestimmter Polarität vorliegt.

15

7. Schaltung nach einem der vorherigen Schaltungsansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß für ein Stellgerät mit zwei jeweils einer Endstellung (19, 20) zugeordneten Spulen in der Zuleitung zu jeder Spule (14, 16) ein

20 Widerstand (R) geschaltet ist, die daran abfallende Spannung jeweils ein Differenzverstärker (30) abgreift, und die Steuerschaltung (33, 34, 35) beide Ausgänge der Differenzverstärker (30) auswertet.

25 8. Schaltung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Steuerschaltung (33, 34, 35) zur Bestromung der Spulen (14, 16) so ausgebildet ist, daß zum Überführen des Stellgerätes (1) in eine Endstellung (19, 20) die dieser Endstellung (19, 20) zugeordnete Spule (14, 16) zuerst einen Fangstrom ( $F_s$ ,  $F_o$ ) und dann nach Erreichen der Endstellung (19, 20) einen Haltestrom ( $H_s$ ,  $H_o$ ) führt, und daß die Steuerschaltung (33, 34, 35) dann den Ausgang des Differenzverstärkers (30) der anderen Spule (16, 14) auswertet.

35

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 mit 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Offset-  
fehler  $I_o$  mehrmals ermittelt und tiefpaßgefiltert wird.

## Zusammenfassung

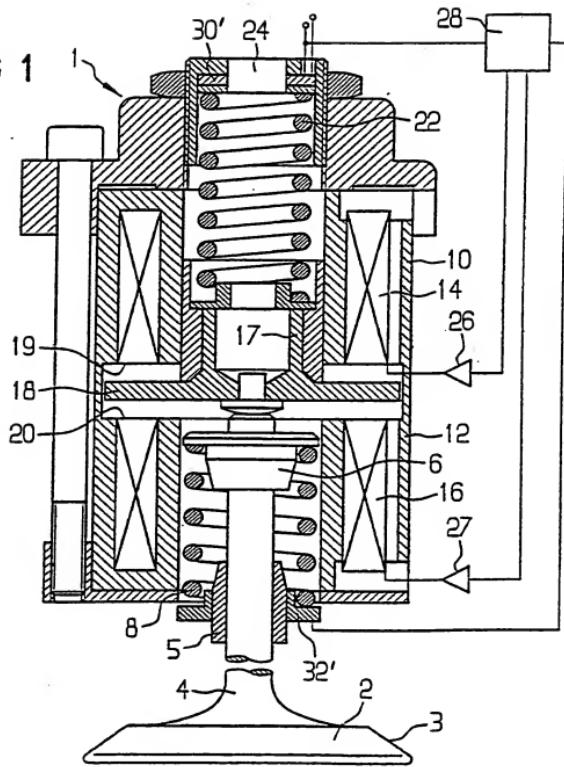
Schaltung zur Messung des Spulenstroms eines elektromagnetischen Stellgerätes und Verfahren zur Bestimmung des Offsetfehlers

Bei der Spulenstrommessung an einem elektromagnetischen Stellgerät (1) wird der Strom ( $I$ ) durch die Spule (14, 16) dann gemessen, wenn sich das Stellgerät (1) in einer Endstellung (19, 20) befindet, in der die Spule (14, 16) nicht bestromt ist. Aus dem sich dann einstellenden Meßwert kann ein Offsetfehler ermittelt werden. Bei einem Stellgerät (1), das ein Gaswechselventil (2, 3, 4) antreibt, erfolgt die Offsetfehlerbestimmung vorzugsweise dann, wenn das Gaswechselventil (2, 3, 4) sich in der Endstellung (19, 20) befindet, in der die Spule (16, 14), zu der der Offsetfehler bestimmt werden soll, nicht bestromt ist.

Figur 3

1/4

FIG 1



2/4

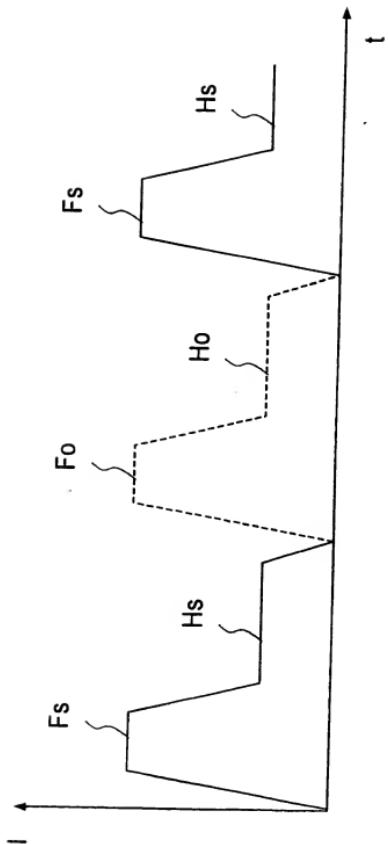


Fig 2

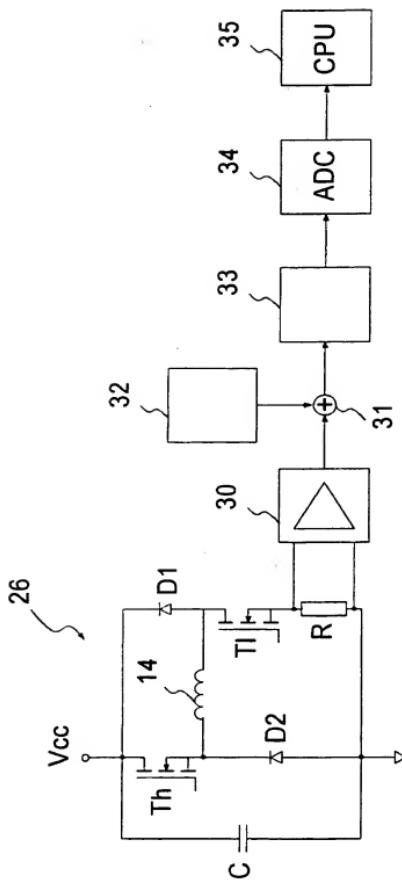


Fig 3

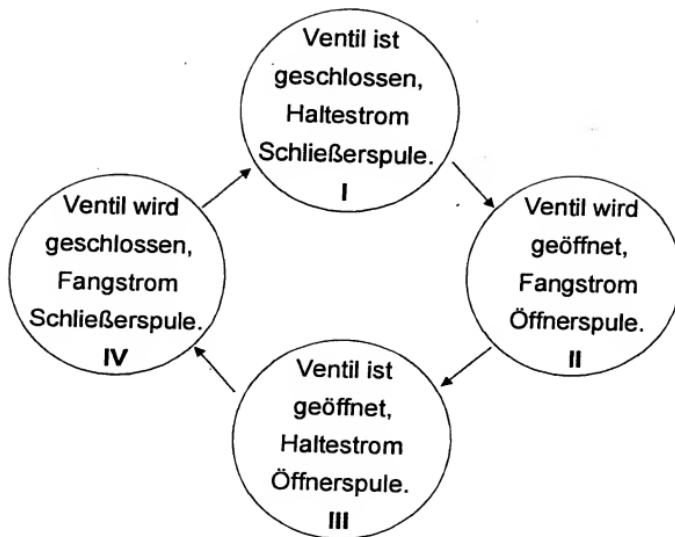


Fig 4

Zusammenfassung

Schaltung zur Messung des Spulenstroms eines elektromagnetischen Stellgerätes und Verfahren zur Bestimmung des Offsetfehlers

5 fehlers

Bei der Spulenstrommessung an einem elektromagnetischen Stellgerät (1) wird der Strom ( $I$ ) durch die Spule (14, 16) dann gemessen, wenn sich das Stellgerät (1) in einer Endstellung (19, 20) befindet, in der die Spule (14, 16) nicht bestromt ist. Aus dem sich dann einstellenden Meßwert kann ein Offsetfehler ermittelt werden. Bei einem Stellgerät (1), das ein Gaswechselventil (2, 3, 4) antreibt, erfolgt die Offsetfehlerbestimmung vorzugsweise dann, wenn das Gaswechselventil 10 (2, 3, 4) sich in der Endstellung (19, 20) befindet, in der die Spule (16, 14), zu der der Offsetfehler bestimmt werden soll, nicht bestromt ist.

15

Figur 3

BEST AVAILABLE COPY